

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-222620

(43)Date of publication of application : 26.08.1997

(51)Int.Cl.

G02F 1/35  
H04B 10/00

(21)Application number : 09-017178

(71)Applicant : ALCATEL NV

(22)Date of filing : 30.01.1997

(72)Inventor : BIGO SEBASTIEN

(30)Priority

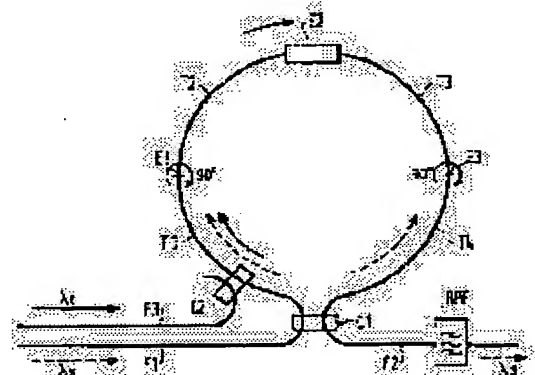
Priority number : 96 9601083 Priority date : 30.01.1996 Priority country : FR

## (54) NONLINEAR OPTICAL MIRROR UNAFFECTED BY POLARIZATION

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a looped nonlinear optical mirror(NOLM) of an optical fiber, of which action is not affected by signals and the polarization of the signals on control input.

**SOLUTION:** The loop of the NOLM is composed of the four sections T1, T2, T3, T4 of the polarization maintaining type optical fiber equal in optical distances. These four sections are optically connected to each other at three points by three splices E1, E2, E3. The propagation neutral axis of the polarization maintaining type optical fiber is rotated 90° in the first and third splices E1, E3. An optical demultiplexer and optical multiplexer as well as a mode converter having two polarization maintaining type optical paths which are connected with these multiplexers are inserted into the loop in the second splice E2.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 11.08.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

**BEST AVAILABLE COPY**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平 9 - 2 2 2 6 2 0

(43)公開日 平成9年(1997)8月26日

(51)Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F	1/35		G 0 2 F	1/35
H 0 4 B	10/00		H 0 4 B	9/00
				Z

審査請求 未請求 請求項の数 8

O L

(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平9-17178

(22)出願日 平成9年(1997)1月30日

(31)優先権主張番号 9601083

(32)優先日 1996年1月30日

(33)優先権主張国 フランス (F R)

(71)出願人 590005003

アルカテル・エヌ・バイ

ALCATEL NEAMLOZE VE  
NNOOTSHAPオランダ国、2288 ベーハー・レイスウェ  
イク・ツェーハー、ブルヘメスター・エ  
ルセンラーン 170

(72)発明者 セバスチャン・ピゴ

フランス国、91120・バレーゾー、リュ・サ  
ントウ・ジュヌビエーブ・17

(74)代理人 弁理士 川口 義雄 (外2名)

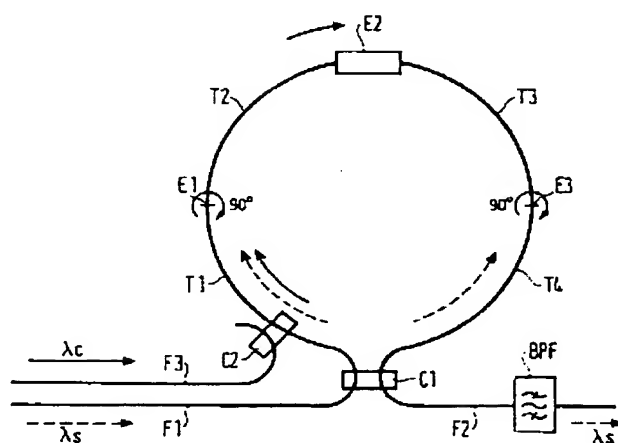
(54)【発明の名称】 偏光の影響を受けない非線形光学ミラー

(57)【要約】

【課題】 その働きが信号及び制御入力上に存在する信号の偏光の影響を受けない光ファイバのループ状の非線形光学ミラー (NOLM) を提供する。

【解決手段】 NOLMのループは光学距離が等しい偏光維持型ファイバの四つの区間 (T 1、T 2、T 3、T 4) で構成されており、これら四つの区間は、三箇所ですばい (E 1、E 2、E 3) によって互いに光学的に接続される。第一及び第三のすばいにおいて、偏光維持型ファイバの伝播中立軸は 90° 回転されている。第二のすばいにおいては、光デマルチプレクサと光マルチプレクサ、ならびにそれらを接続する二つの偏光維持型光路を備えたモード変換器がループ内に挿入される。

FIG. 4



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ファイバのループ (L) を備えており、前記ループ (L) が、第一の波長 ( $\lambda_s$ ) によって部分的に特徴づけられる第一の光信号の注入のための信号入力と信号出力とを有し、第一の信号入出力光カプラ (C1) が、前記入力と前記出力とを前記ループ (L) に結合するための結合係数  $\xi / (1 - \xi)$  を有し、さらに、ファイバ F3 を介する第一の制御入力と、第二の波長 ( $\lambda_c$ ) によって部分的に特徴づけられる制御用と呼ばれる第二の光信号を、ファイバ F3 を介して前記ループ (L) 中に注入できるように前記第一の制御入力を前記ループ L に結合するための第二の光カプラ (C2) とを備えており、前記光ファイバのループ (L) が、二本の伝播中立軸 (A1、A2) を有する偶数個 ( $2i > 2$ 、 $i$  は整数) の偏光維持型ファイバの区間 (T1、T2、T3、T4、...) を備え、これらの区間が、光学距離が等しく、 $2i - 1$  箇所  $2i - 1$  個のスプライス (E1、E2、E3、...) によって互いに光学的に接続されており、前記ファイバの前記伝播中立軸が、ループの真ん中のものを除き (E1、E3)  $2i - 2$  個のスプライス (E1、E2、E3、...) の所で  $90^\circ$  回転しており、 $i$  番目のスプライスがモード変換器を備えている、ループ状の非線形ミラー (NOLM) であって、さらに、前記モード変換器が、偏光維持型の光デマルチプレクサ (C3) と光マルチプレクサ (C4)、ならびにそれぞれ前記第一と第二の波長 ( $\lambda_s$ 、 $\lambda_c$ ) を搬送するためにそれらを接続する第一及び第二の光路 (F $\lambda_s$ 、F $\lambda_c$ ) を備えており、前記光路 (F $\lambda_s$ 、F $\lambda_c$ ) が、偏光維持型ファイバで構成されていること、ならびに、前記第二の経路 (F $\lambda_c$ ) の中立軸 (A1、A2) は  $90^\circ$  回転しているが、前記第一の経路 (F $\lambda_s$ ) の中立軸は回転していないことを特徴とする NOLM。

【請求項 2】 前記光デマルチプレクサと光マルチプレクサ (C3、C4) が前記第一及び第二の波長 ( $\lambda_s$ 、 $\lambda_c$ ) を有する前記第一及び第二の光信号を分離し、かつ結び付ける、波長による選択的偏光維持型光カプラであることを特徴とする請求項 1 に記載の NOLM。

【請求項 3】 前記偏光維持型ファイバの区間 (T1、T2、T3、T4、...) が四つあり、前記スプライスの数が三つ (E1、E2、E3) であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の NOLM。

【請求項 4】 前記偏光維持型ファイバの四つの区間 (T1、T2、T3、T4) の長さ (L1、L2、L3、L4) が、中立軸のいずれか一本上に制御によって導入され、最初の  $i$  個の区間 (ループの前半、T1、T2) で積分される非線形位相差が、もう一方の軸上に制御によって導入され、最後の  $i$  個の区間 (ループの後半、T3、T4) で積分される非線形位相差に等しくなるように選択されることを特徴とする請求項 3 に記載の

NOLM。

【請求項 5】 請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の NOLM を備える光波長変換器。

【請求項 6】 請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の NOLM を備える光学スイッチ。

【請求項 7】 請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の NOLM を備えるループ状のファイバレーザ用の光学変調器。

【請求項 8】 請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の NOLM を備えるタイムジッタの補償による光学ソリトン再生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、たとえば光学的電気通信システム中を通過する光信号の処理の分野に関する。より詳細には、本発明は、光信号のルーティング、スイッチングまたは変調のために使用することができる非線形光学ミラー装置 (NOLM) に関する。

## 【0002】

【従来の技術】光ファイバを介する電気通信用リンクなど、光子回路における NOLM の多数の実施の形態及び応用例が、すでに当業者に知られている。

【0003】従来の NOLM を図 1 に示す。一般的に、NOLM は、一つの光ファイバループ L を含んでいる。第一の光カプラ C1 は四つのゲート 1、2、3、4 を備えており、このカプラ C1 は、異なるゲート間での光の出力の分配を表わす結合係数  $\xi / (1 - \xi)$  を有する。そして第二の光カプラ C2 は、第一の制御用光ファイバ F3 を介して NOLM 中に第一の制御信号を注入するためのものである。

【0004】必要ならば、ループ中に光増幅器 GL を付け加えることによって、アセンブリに正の利得を与えることができ、それによって、増幅非線形ミラー (NALM) またはこのような増幅器が、アセンブリに単位利得を与えるために挿入損失を補償することができる。

【0005】NOLM によってスイッチされる光信号は、入力ファイバ F1 によってカプラ C1 のゲート 1 に導入される。まず第一に、ファイバ F3 上に制御信号が存在していない状態で、50/50 のカプラ C1 の結合係数が  $\xi / (1 - \xi)$  である場合について見てみる。この場合、前記光信号の出力の 50% がカプラ C1 のゲート 4 上にあり、残り 50% はカプラ C1 のゲート 3 上にある。しかし、両者の間には  $\pi/2$  ラジアン ( $90^\circ$ ) の相対的位相差がある。したがって、二つの信号は、長さがおおよそ 5 km ~ 10 km になるファイバのループ内で反対方向に伝播して行く。二つの信号の光路が等しいため、信号はそれぞれカプラ C1 のゲート 3 と 4 に到達し、そこで干渉を起こす。カプラ C1 はまた、 $\pm\pi/2$  の相対的位相差も導入する。

【0006】ここで、二つの信号の位相差が  $\pm\pi$  または

0であることから、カブラC1のゲート2に向かう合成波について弱め合う干渉(位相差 $\pm\pi$ )が存在する。したがって、出力ファイバF2に向う信号の伝達は行われない。反対に、カブラC1のゲート1に向う合成波では、干渉は強め合うものである(位相差0)。すなわちこの場合、ゲート1上に存在する信号は、NOLMミラーによりゲート1に向かって全反射される。

【0007】ここで、制御用光ファイバF3上に制御信号が存在する場合を考えてみる。この信号は、光カブラC2によってNOLMループ中に結合され、時計回りの方向でループ内を伝播していく。ループ内を反対方向に伝わっていく信号の波は、制御信号の存在の影響をまったく、あるいはほとんど受けない。反対に、ループ内を同一方向に伝播していく信号の波は妨害される。実際に、ループLのファイバは非線形の効果を持っており、そのため、光の出力に応じて、またはより厳密にはファイバ内の電界の振幅に応じて、ファイバの屈折率が変わる(カー効果)。「共同伝播(en co-propagation)」と呼ばれる一緒に伝搬する波の電界は、線形に重なる。したがって、電界の合成強度は、ループL内の他の方向に伝播する波の強度より大きい。

【0008】共同伝播する波から見たループLの有効屈折率は、逆伝播する波から見たものとは異なる。したがって伝播速度も異なる。カブラC1への到達時間も異なることから、これらの波はまったくあるいはほとんど干渉しない。光の強さ全体またはそのほとんどは、カブラC1のゲート2上にあり、出力用の光ファイバF2上を搬送される。

【0009】このように、制御用ファイバF3上の制御信号の存在は、非線形光学ミラーのスイッチングを制御することが可能であり、ミラーは制御信号が存在する場合には透明となり、制御信号が欠如している場合には反射する。スイッチングは非常に高速で、およそ100GHz以上とすることができる。NOLMのループ内に複屈折折要素を挿入すると、ミラーが、制御信号がない場合には透明に、制御信号が存在している場合には反射するように、スイッチング特性を逆にすることもできる。

【0010】以上に述べたようなNOLMは、たとえば、従来の技術の説明として本出願書に明示的に組み込まれる文献D1=J. K. Lucek及びK. Smith(1993年)の「All optical signal regenerator(全光学式信号再生器)」、Opt. Lett. 第18巻、第15号、p. 1226-p. 1228、1993年8月1日号に記載されているような、クロック信号のNOLMを用いたスイッチングによるソリトン再生装置で使用することができる、従来技術のものに合致している。

【0011】本発明をよりよく理解するために役に立つ文献は他にもあり、それらについては、この目的に役立

つと認めた上で後で手短かに紹介する。以下に挙げるこれらの文献も、従来の技術の説明として本出願書に明示的に組み込まれる。

【0012】D2=N. Finlayson他(1992年)の「Switch inversion and polarization sensitivity of the nonlinear-optical loop mirror (NOLM)(非線形光ループミラー(NOLM)のスイッチ逆転及び偏光感度)」、Optics Lett.、第17巻、第2号、p. 112-114、1992年1月15日号。この文献は、NOLMが、その線形状態において切り替えられる光信号の偏光の影響をまったくあるいはほとんど受けないスイッチとして配置することもでき、ループの複屈折は、モードの閉塞用リングでできたレーザ中で見られる不安定性の原因となる恐れがあると教示している。

【0013】NOLM中を流れる光信号のいずれか一方の偏光の影響を受けないNOLMのさまざまな構成が文献中に記載されている。これらの文献もまた、従来技術の説明として明示的に本出願書に組み込まれる。

【0014】D3=K. Uchiyama他(1992年)の「Ultrafast polarisation-independent all-optical switching using a polarisation diversity scheme in the nonlinear optical loop mirror (NOLM)(非線形光ループミラー(NOLM)における偏光の多様な図式を用いたあらゆるスイッチングの影響を受けない超高速偏光)」、electron. lett.、第28巻、第20号、p. 1864-p. 1866、1992年9月24日号。この文献は、切り替えられる信号の光の偏光の影響を受けないスイッチとしてのNOLMの使用法を示している。これは、NOLMループの中央点においてカットされ、90°回転する偏光維持型ファイバを使用することによって得られる。その原理は図2に示されている。

【0015】NOLMのループは、たとえば二穴型偏光維持ファイバPANDAで構成されている。伝播の途中で軸A1と軸A2との間で90°の回転を行うことにより、左側区間の高速軸(あるいは低速軸)は、図2におけるループの右側区間の低速軸(あるいは高速軸)になる。ループ(L)のファイバは、偏光において分散している。すなわち、ファイバの内側の光の伝播速度は、高速軸と整列した偏光に対しては、伝播の高速軸に直交する偏光に対する速度とは異なる。偏光分散から解放されることが必要となり、それは、偏光維持の軸A1、A2の互いに直交する配置をもつファイバの二つの等しい長さを使用することによって行われる。またそれによって、結果的に、ループLの長さ上で偏光分散が無になる。

【0016】切り替えられた信号の偏光にシステムが影響を受けないようにするために、制御用の入力ファイバF3上のカブラC2によってループL内に導入された制

10

20

30

40

50

御信号の偏光は、直交する二つの軸A1、A2から45°で注入される。前例と同じように、偏光分散効果は無になる。

【0017】D4=uchiyama他(1995年)の「Polarisation independant wavelength conversion using non linear optical loop mirror (非線形光学ループミラーを使用する波長変換に左右されない偏光)」Elect. Lett. 31(21)、p. 1862、1995年10月12日号は、図1を用いて上述したようなNOLMの制御入力に適用された不確定な偏光用光信号の波長変換システムについて記載している。この装置の性能を、波長を変換する光信号の偏光の影響を受けないようにするために、NOLMは、D3におけるのと同様に偏光維持型ファイバによってつくられ、クロック信号は、NOLMのループの中立軸に対して45°の向きの偏光で、カプラC1の入力に注入される。

【0018】本出願人が従来技術の文献のなかで最も近いものとみなしている文献は、D5=D. Sandel他(1994年)の「Polarisation-independent regenerator with nonlinear optoelectronic phase-locked loop (非線形光エレクトロニクスフェーズロックループの偏向の影響を受けない再生器)」、Optical Fiber Conference proceedings 1994、論文FG2である。この文献は、その主入力において3×3カプラを有するNOLMの使用法について報告している。本発明の一つの実施の形態においては、この文献の中に記されているような特定の位相関係を得るために、このような3×3カプラが使用される。実際、2×2カプラの代わりに3×3カプラを使用すると、NOLMのループ内に非対称の位相差が生じる。逆伝播の信号によって見られるポンピングの平均的強さ(あるいはクロック信号によるループの充填率)にしたがった消光比の劣化は、それぞれのパラメータの選択が適切である場合には、この位相差によって取り除くことができる。

【0019】D5のNOLMには、光学距離が等しい偏光維持型ファイバの四つの区間(T1、T2、T3、T4)が含まれている。これら四つの区間(T1、T2、T3、T4)は、三箇所で三つのスプライス(E1、E2、E3)によって互いに光学的に接続されている。第一と第三のスプライスにおいては、ファイバの偏光維持軸は90°回転している。第二のスプライスにおいては、ループ中に、信号及び制御の二つの波長(それぞれ、 $\lambda_s$ と $\lambda_c$ の波長)に応じて長さが選択される偏光による分散光ファイバを有するモード変換器が挿入されている。

【0020】ここで、隣接する区間(T2、T3)の中立軸に対して軸が45°の向きをとっている短い偏光維持型ファイバが問題になる。このファイバの長さは、信号(波長 $\lambda_s$ )では整数n、ポンプ光では $n \pm 1/2$ の

うねりの長さ(ここでは、 $\lambda_c$ の波長を有する制御光に等しい長さ)が存在するような光路の長さを有するように選択される。

【0021】この文献D5の実施の形態には欠点があり、それを解消することが本発明の一目的である。というのも、この装置は、実際に使用する際には重大な問題が生じる。モード変換器として役立つファイバの特性を非常に正確に把握していなければならないとともに、その長さをうねりの長さよりもはるかに小さい公差(複屈折性が高いファイバにおいては数ミリメートル)で調整しなければならない。モード変換器は温度で調節しなければならない。一方、モードの変換は、はっきりと定められた波長( $\lambda_s$ 、 $\lambda_c$ )の対に対してしか行えないことが明らかである。さらに、偏光分散は補償されず、文献D5中で理論的に説明されているようにモードの変換のみでは制御用の偏光に対する独立性を得るのに不十分である。

【0022】D6=H. Bulowの名義による米国特許第5377284号は、制御用光信号の適用に呼応する光信号の高速スイッチングのための干渉計SAGNACについて記載している。ここで述べられている干渉計は、上述のNOLMと同じ要領で作動し、その働きは同じ物理的原理に基づくものである。Bulowは、制御用光信号がほとんど偏光を解消されるように、スイッチの働きが切り替えられる光信号の偏光の影響を受けない方法を記述している。

【0023】Bulowによれば、制御用光信号のパルスは、パルスの内側に分配された複数の偏光状態を含むこともできる。提案されているもう一つの解決策は、制御用パルス内の二つの光束の使用である。これらの二つの光束は、互いに直交する偏光軸を有する線形偏光である。

【0024】D7=Whitaker、N. A. 他(1992年)の「Polarisation-independent all-optical switching (偏光-独立型全光スイッチング)」、IEEE Photon. Tech. Lett. 4(3)、p. 260-p. 263、1992年3月3日号。この論文において、著者は、NOLMのファイバの偏光分散を使用する制御用信号の偏光の影響を受けないNOLMを提案している。信号及び制御(装置PDM→TDMへの移行後)は、それぞれ偏光軸のいずれか一本上に伝播し(すなわち信号の偏光が強制される!)、非線形効果を増加させるためにN回交差する(軸が各スプライスで90°回転する偏光維持型ファイバのN個の区間)。

【0025】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、従来の技術の問題と欠点を解消することである。

【0026】

【課題を解決するための手段】そのために、本発明は、光ファイバのループ(L)を備えており、前記ループ

(L) は、第一の波長 ( $\lambda_a$ ) によって部分的に特徴づけられる第一の光信号の注入のための信号入力と信号出力を有し、第一の信号入出力光カプラ (C1) が、前記入力及び前記出力を前記ループ (L) に結合するための結合係数  $\xi / (1 - \xi)$  を有し、さらに、ファイバ F3 を介する第一の制御入力と、第二の波長 ( $\lambda_b$ ) によって部分的に特徴づけられる制御用と呼ばれる第二の光信号を、ファイバ F3 を介して前記ループ (L) 中に注入できるように、前記第一の制御入力を前記ループ L に結合するための第二の光カプラ (C2) とを備えており、前記光ファイバループ (L) が、二本の伝播中立軸を有する偏光維持型ファイバの偶数 ( $2i > 2$ ,  $i$  は整数) の区間 (T1、T2、T3、T4、...) を備えて、これらの区間が、光学距離が等しく、 $2i - 1$  箇所  $2i - 1$  個のスプライス (E1、E2、E3、...) によって互いに光学的に接続されており、ファイバの前記伝播中立軸が、ループの真ん中のもの ( $i$  番目のスプライス) を除きあらゆるスプライス (E1、E3) の所で  $90^\circ$  回転しており、この  $i$  番目のスプライスがモード変換器を備えている、ループ状の非線形ミラー (NOLM) であって、さらに、前記モード変換器が、偏光維持型のデマルチプレクサ (C3) とマルチプレクサ (C4)、ならびにそれぞれ前記第一と第二の波長 ( $\lambda_a$ 、 $\lambda_b$ ) を搬送するためにそれらを接続する第一及び第二の光路 (F $\lambda_a$ 、F $\lambda_b$ ) を備えており、前記光路が、偏光維持型ファイバでできていること、ならびに、前記第二経路 (F $\lambda_b$ ) の中立軸は  $90^\circ$  回転するが、前記第一経路 (F $\lambda_a$ ) の中立軸は回転していないことを特徴とするミラーを提案している。

【0027】 具体的実施の形態によれば、前記光デマルチプレクサと光マルチプレクサは、前記第一の波長と第二の波長 ( $\lambda_a$ 、 $\lambda_b$ ) を有する前記第一の光信号と第二の光信号を分離し、かつ結び付ける波長選択的偏光維持型光カプラ (C3、C4) である。

【0028】 代替的实施の形態によれば、区間は四つあり、スプライスの数は三つである。

【0029】 また好ましい実施の形態によれば、偏光維持型ファイバの  $2i$  個の区間 (T1、T2、T3、T4、...) の長さ (L1、L2、L3、L4、...) は、中立軸のいずれか一本上に制御によって導入され、最初の  $i$  個の区間 (ループの前半、T1、T2) 上で積分される非線形位相差が、もう一方の軸上に制御によって導入され、最後の  $i$  個の区間 (ループの後半、T3、T4) 上で積分される非線形位相差に等しくなるように選択される。

【0030】 本発明の NOLM は、従来の応用例のために有利に配置することができるが、その性能は、これまで、従来の技術の NOLM 装置が偏光に対して敏感であるという欠点をもっていた。そこで本発明はまた以下を提案する。

【0031】 ・本発明による NOLM を備えた光波長変換装置。

【0032】 ・本発明による NOLM を備えた光学的スイッチング装置。

【0033】 ・本発明による NOLM を備えたループ状のファイバ型レーザ用の光変調装置。

【0034】 ・本発明による NOLM を備えたタイムジッタの補償による光学ソリトン再生装置。

【0035】

【発明の実施の形態】 わかりやすくするために添付の図面を参照して、本発明のさまざまな特性及び利点を以下に詳細に説明する。

【0036】 添付の図面は、本発明の原理を示すという目的で、限定的でなく例示的なものとして示したものである。すべての図において、同一の参照番号は同一の要素を示しているが、わかりやすくするために、縮尺は必ずしも遵守されていない。

【0037】 図3は、文献D3に記されているように、波長の変換器として使用されるのに適した非線形光学ミラー (NOLM) の例を概略的に示している。図3の装置の機械的構造は、図2を参照して上述した構造と同じである。ループL内に注入される信号の偏光だけが、図2に示された変更に対して逆転している。というのも、図3の NOLM は、クロック信号 ( $\lambda_c$ ) の光が、ループLの偏光維持型ファイバの伝播の中立軸に対して  $45^\circ$  の向き方向に沿って偏光しているという条件で、光カプラC2を介してループ内に注入されるポンプ光 ( $\lambda_p$ ) の信号の偏光とは無関係である。

【0038】 以上に説明したような NOLM は、従来の技術に合致しており、NOLM の二つの光学カプラ (C1、C2) 上に注入される二つの光信号の偏光に左右される恐れがあると同時に、ループ上の偏光分散を補償することができない。

【0039】 こうした従来の技術の欠点を解消し、特に、NOLM が、NOLM の二つの光学カプラ (C1、C2) 上に注入される二つの光信号の偏光に左右されないようにし、ループ上の偏光分散の補償を可能にすることが本発明の目的である。本発明のもう一つの目的は、それらの品質が同時に、従来技術中で示されているものより簡単に工業的に生産できる部品によって得られ、さらに相対的に周囲の温度変化に左右されないような NOLM をつくりだすことにある。

【0040】 図4に概略的にその一例が示されているように、本発明の NOLM の働きは、図1、2、3を用いて上述した NOLM の動作と同じである。図2と3の NOLM とまったく同じように、本発明の NOLM は、偏光維持型ファイバの複数の区間からつくりだされる。本発明によれば、区間の数は、 $i$  が1より大きい整数であるとして、偶数  $2i$  である。図4にしたがって、光学距離が等しい (それぞれ、L1、L2、L3、L4) 少な

くとも四つの区間 (T 1、T 2、T 3、T 4) が必要である。これらの四つの区間 (T 1、T 2、T 3、T 4) は、3箇所三つのスプライス (E 1、E 2、E 3) によって互いに光学的に接続されている。第一及び第三のスプライス (E 1、E 3) においては、偏光維持型ファイバの伝播中立軸は、図 2 の単一スプライスを参照して上記に説明したように 90° 回転する。

【0041】本発明によれば、区間 T 2 と T 3 との間の第二のスプライス E 2 においては、ループ L 中に、図 5 に示されているようにモード変換器が挿入されており、この変換器は、光デマルチプレクサ C 3 と光マルチプレクサ C 4、さらにそれらを接続させる二つの偏光維持型光路 (F λ<sub>s</sub>、F λ<sub>c</sub>) を備えている。デマルチプレクサ C 3 は、それぞれ前記二つの経路 (F λ<sub>s</sub>、F λ<sub>c</sub>) 上で、その入力 (λ<sub>s</sub>、λ<sub>c</sub>) 上に存在する二つの光信号を分割する。制御信号 (λ<sub>c</sub>) を搬送する経路 (F λ<sub>c</sub>) 上に、偏光維持型ファイバの伝播中立軸の 90° の回転をとまうスプライス E 4 が行われる。もう一方の経路 (F λ<sub>s</sub>) 上では、軸の回転が行われない。次に、前記マルチプレクサ C 4 は二つの信号 (λ<sub>s</sub> と λ<sub>c</sub>) を再び組み合わせる。

【0042】このようなデマルチプレクサ装置 (C 3) 及びマルチプレクサ装置 (C 4) は、たとえば、ダイクロックフィルタと偏光維持型光カプラとともに、三本の偏光維持型ファイバとともに作りだすことができる。このような装置は、たとえば、カナダのオンタリオ州 Nepean の JDS F I T E L I n c. 社から、カタログ番号 WD 1 5 5 5 - A L L 5 J M 1 で市販されている。また近い将来に、このような部品を光集積テクノロジーによって作りだすことが可能になる。

【0043】ループ L のファイバにおいて維持用軸 A 1 及び A 2 に対して 45° の向きの偏光軸を有し、カプラ C 2 を介して N O L M のなかに制御用の光信号 (λ<sub>c</sub>) を注入するための準備をすることはもはや必要でない。このように装置の動きは、二つの信号 (λ<sub>s</sub>、λ<sub>c</sub>) の偏光に左右されず、そのことは、文献 D 1、D 2、D 3、D 4 のなかで述べられている従来の技術による実施の形態と比べて重要な利点である。

【0044】文献 D 5 の装置と比べると、本発明の実施ははるかに簡単である。なぜなら、二つの光路 (F λ<sub>s</sub>、F λ<sub>c</sub>) の長さは、D 5 のモード変換器の長さがそうであるように決定的なものではない。さらに、本発明のモード変換器は、相対的に周囲の温度に左右されないが、D 5 の装置は、正しく作動するために温度調節を必要とする。一方、D 5 の N O L M は、ループ L 上を伝播する信号の偏光分散を補償しない。

【0045】このように、本発明の N O L M は、未知の場合によっては制御できない任意の偏光信号 (λ<sub>s</sub>、λ<sub>c</sub>) で再現可能であるように、正しく作動することができる。一方、偏光分散の補償は、自動的に調整

の必要なく行われる。

【0046】本発明の好ましい実施の形態をより正確に説明するために、本書の中で、区間 (T 1、T 2、T 3、T 4) の等しい光学距離が何を意味しているのかを説明しておく必要がある。そのためには、ループ L の区間中を、それらを接続しているスプライスを通して伝播する光信号が受ける光学的損失を考慮に入れなければならない。なぜなら、偏光に対する独立性は、モード変換器の前後の非線形位相差 (カー効果) の等しさ、すなわち信号の振幅によって変わるからである。

【0047】区間の長さの計算例として、その説明を簡単にするためにいくつかの仮説を立てることができる。まず偶数の区間 2 i = 4 を選択する。区間の各対の内部では、その長さは、各対における偏光分散を補償するために等しく選択される (L 1 = L 2、L 3 = L 4)。図 4 に示されているように、光カプラ C 2 は、最初の区間 T 1 の始まり近くに配置されている。このカプラ C 2 を介して注入される制御信号は、T 1、E 1、T 2、E 2、T 3、E 3、T 4 中で次々に損失を受ける。この信号が、最後の区間 T 4 の中で最も弱くなり、さらに、非線形効果もまたこの区間中で最も弱くなる。したがって、最後の区間 T 4 のなかでも最初の区間 T 1 と同じ大きさの効果を得るためには、最後の区間 T 4 の長さ L 4 が第一の区間 T 1 の長さ L 1 より大きくなる必要がある。

【0048】あらゆる区間について、たとえば α = 0.23 dB/km と定められた一定のファイバ減衰値がとられ、スプライス E 1、E 2、E 3 の損失はそれぞれ P 1、P 2、P 3 と記される。

【0049】中立軸のいずれか一本上に制御によって導入され、最初の i 個の区間 (ループの前半、T 1、T 2) 上で積分される非線形位相差が、もう一本の軸上に制御によって導入され、最後の i 個の区間 (ループの後半、T 3、T 4) 上で積分される非線形位相差に等しいという条件の下で、以下のように記すことができる。

$$\begin{aligned} & \left[ (1 - e^{-\alpha L_1}) / \alpha + (P_1 \cdot e^{-\alpha L_1}) \cdot (1 - e^{-\alpha L_2}) / \alpha \right] = P_1 \cdot P_2 \cdot (e^{-2\alpha L_1}) \\ & \cdot (1 - e^{-\alpha L_4}) / \alpha + P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 [e^{-\alpha (2L_1 + L_4)}] [1 - e^{-\alpha L_4}] / \alpha \end{aligned}$$

この結果から L 1 と L 4 は以下の関係式を満たさなければならない。

$$\begin{aligned} & [1 + (P_1 - 1) e^{-\alpha L_1} + P_1 \cdot e^{-2\alpha L_1}] = [P_1 \cdot P_2 \cdot e^{-2\alpha L_1}] [1 + (P_3 - 1) e^{-\alpha L_4}] + P_3 \cdot e^{-2\alpha L_4} \end{aligned}$$

偏光軸の回転がない光路のモード変換器中での挿入損失は、上記の方程式のなかで得られた項に比べて取るに足らないものである。

【0052】本発明の N O L M は、より大きな数 (偶数) の区間を有することができるが、それによって装置の複雑さとスプライスによる損失が増大する。



【0053】当業者は、特許請求の範囲に定義されている本発明の範囲を逸脱せずに、さまざまな実施形態を介して、多数の応用例に適合させるためにこのコンセプトを活用することができるであろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の技術によって知られている非線形光学ミラー（NOLM）の例を概略的に示す図である。

【図2】文献D3によって知られているような従来の技術の切り替えられる信号の偏光の影響を受けないNOLMスイッチを概略的に示す図である。

【図3】文献D4によって知られている従来の技術の制御信号の偏光の影響を受けないNOLM波長変換器を概

略的に示す図である。

【図4】信号及び制御の二つの入力上に存在する信号の偏光の影響を受けないNOLMの本発明による実施の形態を概略的に示す図である。

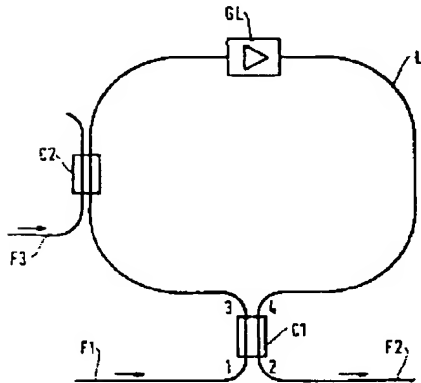
【図5】図4の実施の形態のなかで使用されるのに適しているモード変換装置の一例を概略的に示す図である。

【符号の説明】

C 光カプラ  
E スプライス  
F 光ファイバ  
 $\lambda_s$ 、 $\lambda_c$  信号  
T 区間

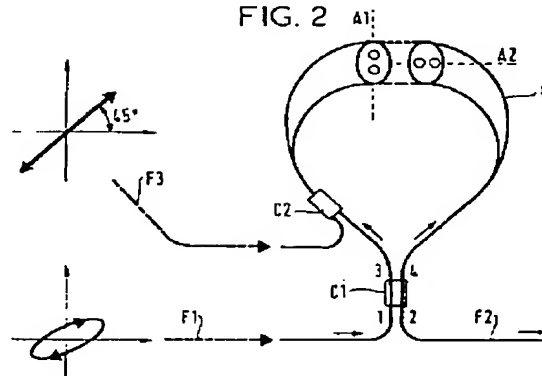
【図1】

FIG. 1



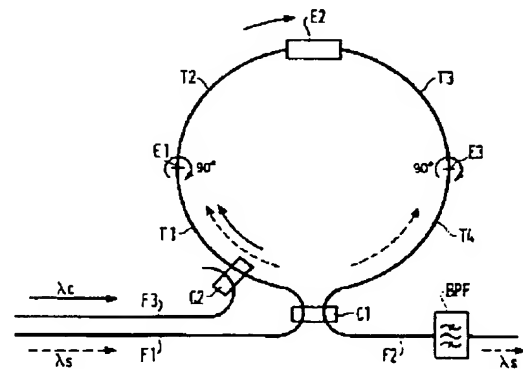
【図2】

FIG. 2



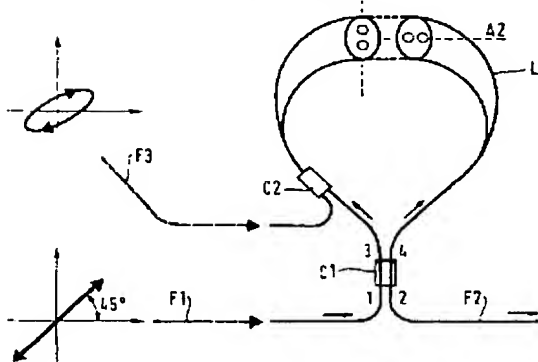
【図4】

FIG. 4



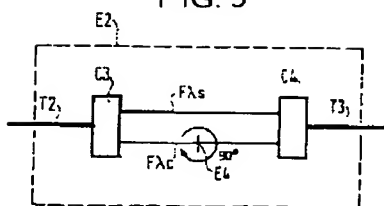
【図3】

FIG. 3



【図 5】

FIG. 5



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**